

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 61-189440

(43)Date of publication of application : 23.08.1986

(51)Int.Cl.

G01N 21/21
H05H 1/00

(21)Application number : 60-029407

(71)Applicant : HOKKAIDO UNIV

(22)Date of filing : 19.02.1985

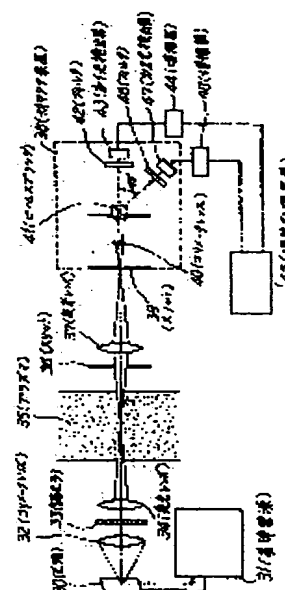
(72)Inventor : AOKI YOSHIKI
KAYUKAWA NAOYUKI
YAMAZAKI HATSUO
OZAWA YASUTOMO
KITAGAWA HIROTAKE

(54) MEASURING DEVICE FOR PHYSICAL PROPERTIES OF PLASMA

(57)Abstract:

PURPOSE: To improve measuring accuracy by projecting linearly polarized light to a plasma, detecting S and P polarized components radiated from the plasma, and measuring a plasma temperature on the basis of both the components.

CONSTITUTION: A light source 30 is connected to a reference power supply 31 and light flux having prescribed light source luminance is radiated from the light source 30. The light flux radiated from the light source 30 is converted into parallel light flux through a collimeter lens 32 and the linearly polarized light of the component S is transmitted by a polarizer 33 and projected to the plasma 35 through a condenser 34. The projected light is converged in the plasma 35, then made incident upon a detector device 38 through a slit 36 and a condenser 37. The S polarized component and the P polarized component are separated from each other by a beam splitter 41 in the device 38, detected by respective photodetectors 43, 47 and inputted to an arithmetic processor 45. The processor 45 calculates the plasma temperature on the basis of the S and P polarized components. Thus, the plasma temperature on the same space can be measured at the same time and the measuring accuracy can be improved.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑬ Int. Cl.⁵G 01 J 5/00
H 05 H 1/00

識別記号

D 8909-2G
A 9014-2G

庁内整理番号

⑭ 公告 平成4年(1992)12月22日

発明の数 1 (全9頁)

⑮ 発明の名称 プラズマ物性測定装置

⑯ 特 願 昭60-29407

⑰ 公 開 昭61-189440

⑱ 出 願 昭60(1985)2月19日

⑲ 昭61(1986)8月23日

⑳ 発 明 者 青 木 義 明 北海道札幌市西区前田1条3-10-1
 ㉑ 発 明 者 粥 川 尚 之 北海道札幌市豊平区北野6条5丁目10番地
 ㉒ 発 明 者 山 崎 初 男 北海道札幌市中央区南16条西7丁目(番地なし)
 ㉓ 発 明 者 小 沢 保 知 北海道札幌市中央区北1条西27丁目(番地なし)
 ㉔ 発 明 者 北 川 広 貴 北海道札幌市北区北27条東4丁目(番地なし) 北大第二
 職員寮内
 ㉕ 出 願 人 北 海 道 大 学 長 北海道札幌市北区北八条西5丁目8番地
 ㉖ 代 理 人 弁 理 士 杉 村 暁 秀 外1名
 審 査 官 村 田 尚 英
 ㉗ 参 考 文 献 Arwin A. Dougal, John P. Craig, and Robert F. Gribble, Physical Review
 Letters, 13 [5], 156(1964)

1

2

⑳ 特許請求の範囲

1 物性測定されるべきプラズマに向けて直線偏光した光を投射する光源装置と、プラズマから出射した光束をS偏光成分とP偏光成分とに分離する手段と、これらS偏光成分及びP偏光成分の光をそれぞれ検出する手段と、これらS偏光成分検出手段及びP偏光成分検出手段からの出力信号を演算処理する処理回路とを具備、前記処理回路が、 T_e をプラズマ電子温度、 C_1 を定数、 λ を波長、 T_L を前記光源装置の輝度温度、 C_2 を補正係数、 ϕ_p をP偏光成分検出手段からの出力、 ϕ_s をS偏光成分検出手段からの出力、及び ϕ を前記プラズマへの入射光強度とした場合に、式

$$T_e = \left\{ 1 - \frac{\lambda T_L}{C_1} \ln \left(\frac{C_2 \cdot \phi_p}{\phi - \phi_s + \phi_p} \right) \right\}^{-1}$$

に基づいてプラズマ電子温度を決定することを特徴とするプラズマ物性測定装置。

2 前記S偏光成分検出手段とP偏光成分検出手段とを演算処理装置に接続し、時間的に連続してプラズマ電子温度を測定するように構成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のプラズ

マ物性測定装置。

㉑ 発明の詳細な説明

(技術分野)

本発明は、プラズマ物性を光学的に測定する装置に関するものである。

(従来の技術)

MHD発電は、磁界と直交する方向に高温度の燃料ガスプラズマを流し、ファラデー効果により磁界方向及びプラズマの流れの方向にそれぞれ直交する方向に起電力を発生させる新規な発電方式であり、高温流体が有するエネルギーを電気エネルギーに直接変換できる大きな利点を有している。このMHD発電ではプラズマを常に所定の状態に維持しなければならず、このためプラズマの温度、電子密度、導電率等の物理量を正確に測定できる装置の開発が強く要請されている。

従来のプラズマ温度を光学的に測定する方法としてラインリバーサル法の原理を用いた方法が用いられている。このラインリバーサル法の原理は、基準光源から種々の光源温度の光束をプラズマに投射し、プラズマに入射した光束がプラズマにより

吸収されず且つプラズマ発光による光の強度上昇を発生しない光源温度を検出し、この光源温度がプラズマ温度と等しいものとみなしプラズマ温度を検出している。このラインリバーサル原理を用いた方法では数百度から3000°K程度のプラズマ温度を測定でき、具体的には波長掃引法、マッチング法、チョツパ法及びナイフエッジ法がある。

第5図は波長掃引法を利用したプラズマ温度測定装置の構成を示す線図である。白色光源1を基準電源2に接続し、基準電源2の出力を変えて白色光源1から種々の光源温度の光束を集光レンズ3を経てプラズマ4に投射する。プラズマ4を通過した光束はスリット5及び集光レンズ6を経て分光光度計7に入射し、プラズマ4を通過した光束の分光特性が検出され、増巾器8を経てレコーダ9に記録される。プラズマ4を通過した光束は、プラズマ4により光源温度 T_e に応じて共鳴波長域において発光又は吸収作用を受け、第6図に示すように光源温度 T_e がプラズマ温度 T_p より低い場合には共鳴波長域付近において発光作用により光強度上昇を呈し、光源温度 T_e がプラズマ温度 T_p より高い場合には吸収作用を受け、更に光源温度 T_e とプラズマ温度 T_p とが等しい場合には発光及び吸収が生じない。従つて、白色光源1の光源温度を変えながらプラズマ4を通過した光束の分光光度特性を測定すればプラズマ温度 T_p が測定されることになる。

また、第7図はナイフエッジ法によるプラズマ温度測定装置の構成を示す線図である。このナイフエッジ法では、光源1とプラズマ4との間に2個の集光レンズ10及び11を配置すると共に、2個の集光レンズ10と11との間にナイフ12を配置し、このナイフ12により紙面の光軸より下側の空間を通過する光束だけをプラズマ4に投射する。プラズマ4の射出側に集光レンズ13、スリット14及びフィルタ15を経て紙面の上下方向にそれぞれライドガイド16及び17を配置すると共に、各ライドガイド16及び17の出射端に光検出器18及び19を配置し、各光検出器18及び19の出力をそれぞれレコーダ20及び21に記録する。光源1から発した光束は、紙面の光軸より上側空間を通過する光束はナイフ12により遮断されるから、光検出器18にはプラズマ輻射場から輻射された光束だけが検出され、光検出

器17には光源1から発した光束とプラズマ輻射場から輻射された光束とが検出される。そして、光検出器18及び17の出力信号に基いてプラズマ温度 T_p が測定される。

5 (発明が解決しようとする問題点)

上述した波長掃引法では、白色光源の光源温度を順次変化させ、各光源温度毎に分光特性を測定しなければならず、測定時間がかかり過ぎるばかりでなく、測定中にプラズマの状態が変化してしまい同一時刻及び同一空間でプラズマ温度を測定できない欠点があつた。また、プラズマ温度を断点的にしか測定できず時間的に連続して測定できない欠点もあつた。更に、原理的には近似した温度を類推しているにすぎず、測定値の信頼性にも問題があつた。また、ナイフエッジ法では光源から発しプラズマ内を通過した光束とプラズマ輻射場から放射された光束とが空間的に一致せず、プラズマの状態が局所的に大きく変化している場合には大きな測定誤差が生ずる欠点がある。

このような問題点はプラズマに限らず、核融合反応や放電現象等のように被測定対象が高速で変化する場合の物性測定においても同様に発生するものである。

(問題点を解決するための手段)

本発明の目的は上述した欠点を解消し、同一時刻における同一空間のプラズマ物性値を時間的に連続して測定できるプラズマ物性測定装置を提供するものである。

本発明によるプラズマ物性測定装置は、物性測定されるべきプラズマに向けて直線偏光した光を投射する光源装置と、プラズマから出射した光束をS偏光成分とP偏光成分とに分離する手段と、これらS偏光成分及びP偏光成分の光をそれぞれ検出する手段と、これらS偏光成分検出手段及びP偏光成分検出手段からの出力信号を演算処理する処理回路とを具え、前記処理回路が、 T_e をプラズマ電子温度、 C_1 を定数、 λ を波長、 T_L を前記光源装置の輝度温度、 C_2 を補正係数、 ϕ_p をP偏光成分検出手段からの出力、 ϕ_s をS偏光成分検出手段からの出力、及び ϕ を前記プラズマへの入射光強度とした場合に、式

$$T_e = \left\{ 1 - \frac{\lambda T_L}{C_1} \ln \left(\frac{C_2 \cdot \phi_p}{\phi - \phi_s + \phi_p} \right) \right\}^{-1}$$

に基いてプラズマ電子温度を決定することを特徴

とするものである。

(作用)

本発明では、プラズマに向けて直線偏光を投射し、光源から放射されプラズマを通過した光束及びこの光束が通過する部分のプラズマ輻射場から

5 輻射される光束を共に受光し、これらの光束中に含まれるS偏光成分とP偏光成分とを分離し、それぞれ光検出器により検出する。そして、これらの検出出力を演算処理装置に入力し、時間的に連続してプラズマ物性値を求める。

更に、本発明では、プラズマが形成する磁界によるファラデー効果を受けにくい短波長域の直線偏光とファラデー効果を受け易い長波長域の直線偏光とを共に同一光軸上でプラズマに向けて投射し、プラズマを透過した光束を分割し、一方の

(実施例)

第1図は本発明によるプラズマ物性測定装置の一例の構成を示す線図である。本例ではプラズマ温度を測定するものとする。光源30を基準電源31に接続し、光源30から所定の光源輝度の光束を放射する。光源30から発した光束をコリメータレンズ32で平行光束とし、偏光子33を透過させS成分又はP成分の直線偏光を取り出す。本例ではS成分の直線偏光を透過させるものとし、S成分の直線偏光を集光レンズ34により集光してプラズマ35に投射する。プラズマ35に投射された光束は、プラズマ35中で集束されてから出射し、スリット36を経て集光レンズ37で集光されてディテクター装置38に入射する。プラズマ35から出射しディスク装置38に入射する光束には、光源30から放射されプラズマ35を通過した光束及びこの光束が通過するプラズマ35内のプラズマ輻射場から輻射された光束とが入射する。プラズマ輻射場は光学的に等方でありS偏光成分とP偏光成分とがそれぞれ等しく放射するから、ディテクタ装置38にはS偏光成分として光源30から発しプラズマ35を通過した成分及びプラズマ輻射場から輻射されたS偏光成

分とが入射し、P偏光成分としてプラズマ輻射場から発したP偏光成分だけが入射することになる。ディテクタ装置38に入射した光束はスリット39を通り、コリメータレンズ40により平行光束とされてからビームスプリッタ41に入射する。本例ではビームスプリッタ41としてグラムトムソンプリズムを用い、このグラムトムソンプリズムによりS偏光成分とP偏光成分とに分離する。分離したS偏光成分はフィルタ42を透過し

10 特定波長の成分だけが第1の光検出器43で受光され、電気信号に変換され増巾器44を経て演算処理装置45に入力する。一方、P偏光成分はS偏光成分とは45°ずれた方向に進みフィルタ46を透過し、第2光検出器47で受光され電気信号に変換され、増巾器48を経て演算処理装置45に入力する。

次に、解析方法について説明する。

第2図はプラズマ温度を光学的に測定する場合の原理を示す模式図である。プラズマ輻射場の観測孔をプラズマより充分小さいとみなし、輻射場合を一次元的に取り扱う。局所熱平衡を仮定すると次式が成立する。

$$\frac{dI_1(x)}{dx} = \epsilon_p(\lambda, T_p) - k_p(\lambda, T_p) I_1(x) \quad \text{-----}(1)$$

ここで、

T_p : プラズマ温度

ϵ_p : プラズマの輻射率

k_p : プラズマの吸収係数

30 プラズマが均質であるとする、(1)式は光源強度Iを用いて次式で表わされる。

$$I\lambda(1) = I\lambda(0) e^{-k\lambda l} + \frac{\epsilon_p(\lambda)}{k_p(\lambda)} \{1 - e^{-k\lambda l}\} \quad \text{-----}(2)$$

35 ここで、 k_λ : 光学系の吸収による補正係数キルヒホッフの法則より

$$\frac{\epsilon_p(\lambda)}{k_p(\lambda)} = B\lambda(T_e) \quad \text{-----}(3)$$

ここで、

40 T_e : プラズマの電子温度

$B\lambda$: プラズマの発光強度

光源の輝度温度を T_λ とし、輝度温度を校正した光源を用いると、入射光 $I\lambda(0)$ は次式で表わされる。

$$I\lambda(O)=B\lambda(T_L) \quad \text{-----}(4)$$

測定しようとする波長領域を可視光領域に選択すればウィーン近似が適用でき、次式が成立する。

$$B(T)=C_1\lambda^{-5} \cdot e^{-\frac{C_2}{\lambda T}} \quad \text{-----}(5)$$

$$C_1: 1.191 \times 10^{-5} \text{erg} \cdot \text{cm}^2 / \text{sec}$$

$$C_2: 1.438 \text{cm} \cdot \text{K}$$

従つて、(2)式は光源の輝度温度 T_L 、プラズマの電子温度 T_e 、光源強度 I を用いて次式で表わすことができる。

$$I\lambda(1)=B(T_L) \cdot e^{-\frac{C_2}{\lambda T_L}} + B\lambda(T_e) \{1 - e^{-\frac{C_2}{\lambda T_e}}\} \quad \text{-----}(6)$$

本発明では自然光を発する光源30から偏光子33によりS偏光成分だけをプラズマ35に投射する構成としているから、光源30から発しプラズマ35に入射するS偏光成分の入射光強度 ϕ_{LS} は次式で表わされる。

$$\phi_{LS} = \xi \cdot \eta \cdot \phi_L \\ = \xi \cdot \eta \cdot K_1 \cdot B\lambda(T_L) \quad \text{-----}(7)$$

ϕ_L : 光源から発した光束の強度

η : 偏光子による変換効率

ξ : 偏光子の直線偏光の透過係数

K_1 : 光源からプラズマまでの光学補正係数

そして、この光束がプラズマ35を通過し光検出器43で受光されるとき光強度 ϕ_{LS} は次式で表わされる。

$$\phi_{LS} = \xi^2 \cdot \eta \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot B\lambda(T_L) \cdot e^{-\frac{C_2}{\lambda T_L}} \quad \text{-----}(8)$$

K_2 : プラズマから光検出器までの光学補正係数

一方、プラズマ35からの輻射光は光学的に等方性を有しているから、その直線偏光のS成分とP成分とは等しく、プラズマ輻射場から発し光検出器43及び47で検出される輻射光の直線偏光のS成分 ϕ_{PS} 及びP成分 ϕ_{PP} は次式で表わされる。

$$\phi_{PS} = \phi_{PP} \\ = \xi \cdot \eta \cdot K_2 \cdot B\lambda(T_e) \{1 - e^{-\frac{C_2}{\lambda T_e}}\} \quad \text{-----}(9)$$

S偏光成分を受光する第1の光検出器43に入射する光束は、光源30から発しプラズマ35を通過したS成分直線偏光とプラズマ輻射場から発したS成分直線偏光との和であるから第1光検出器43に入射する光強度 ϕ_s は、次式で表わされる。

$$\phi_s = \phi_{LS} + \phi_{PS} \quad \text{-----}(10)$$

また、P偏光成分を受光する第2光検出器47

に入射する光束は、プラズマ輻射場から発するP成分直線偏光だけであるから、第2光検出器47に入射する光強度 ϕ_p は、

$$\phi_p = \phi_{PP} \quad \text{-----}(11)$$

これらから、プラズマの電子温度 T_e は次式で表わされる。

$$T_e = T_L \left\{ 1 - \frac{\lambda \cdot T_L}{C_2} \ln \left(\frac{\xi \cdot K_1 \cdot \phi_{PP}}{\phi_{LS} - \phi_s + \phi_p} \right) \right\}^{-1} \quad \text{-----}(12)$$

(12)式よりプラズマ35に入射する光強度 ϕ_{LS} 、第1の光検出器43に入射するS偏光成分の入射光強度 ϕ_s 及び第2の光検出器47に入射するP偏光成分の入射光強度 ϕ_p をそれぞれ各別に検出すれば、プラズマ電子温度 T_e を測定でき、プラズマ35が熱平衡にあるものとするればプラズマ温度 T_p がプラズマ電子温度 T_e と等しくなり、プラズマ温度 T_p が測定される。そして、第1及び第2の光検出器48及び47が接続されている演算処理装置45に(12)式を記憶させ、第1及び第2の光検出器43及び47の出力を時間的に連続して演算処理装置に入力すれば、時間的に連続してプラズマ35の温度を測定できる。

第3図に上述した構成の測定装置を用いて測定したプラズマ温度を示す。横軸は時間を示し、縦軸はプラズマ温度を示す。本発明によるプラズマ物性測定装置を用いれば、時間分解能が2 μ sec程度の高速で測定されることが理解される。この測定結果より、プラズマ内部を流れる電流によりプラズマが局所的ジュール加熱により局所的に高速変化していることが観測できた。

第4図はプラズマ温度と共に導電率及び電子密度を同時に測定できるように構成したプラズマ物性測定装置の一例の構成を示す線図である。第1図で用いた構成要素と同一の構成要素には同一符号を付して説明する。本発明では上述した構成に基きプラズマ温度を測定すると共にファラデー回転角を測定してプラズマ電子密度等の諸物性値を測定する。プラズマが形成する磁界によりファラデー効果を受ける波長域は比較的長波長領域にある。このため本発明ではプラズマ温度を測定するための第1の光源装置30としてファラデー効果を受けにくい比較的短い波長域の直線偏光を放射する光源装置を用いると共に、他のプラズマ物性値を測定するために第1の光源装置30から放射さ

れる光束よりも長波長域にありファラディ効果を
受けやすい長波長域の直線偏光を放射する第2の
光源装置50を設ける。この第2の光源装置とし
ては、例えば15000Å程度の遠赤外光を放射する
半導体レーザが好適である。第2の光源装置50
から放射された光束は、前述した装置の光学系内
に光軸を一致して配置したハーフミラ51により
反射され、光源30から放射された光束と共にプ
ラズマ35に投射する。プラズマ35を通過した
光束はスリット36及び集光レンズ37を経てデ
テクタ装置38に入射する。このデテクタ装
置38に入射した光束は、コリメータレンズ40
により平行光束とされてからハーフミラー52に
入射し、透過光はビームスプリッタ41に入射
し、反射光はスリット53を経てハーフミラー5
4に入射する。ハーフミラー52を透過してビー
ムスプリッタ41に入射した光束には二種類の波
長域の光束が入射するが、後段の第1及び第2の
光検出器43及び47を光源30から放射される
光束の波長域、すなわち短波長域に感度を有する
光検出器を用いれば第2の光源装置50から放射
された光束の影響を受ず、従って光源装置50は
S偏光及びP偏光のいずれも使用できる。ビー
ムスプリッタ41に入射した光束は、前述した構成
に基きS偏光成分とP偏光成分とに分離され、こ
れらS偏光成分とP偏光成分に基き演算処理装置
45において前述したプロセスに従ってプラズマ
温度 T_p を求める。一方、ハーフミラー54に入
射した光束は、その透過光は検光子55を経て第
3の光検出器56に入射し、反射光は検光子57
を経て第4の光検出器58に入射する。第3及び
第4の光検出器56及び58には第1及び第2の
光源装置30及び50から放射された光束が共に
入射するが、第3及び第4の光検出器56及び5
8を長波長域に感度を有する光検出器を用いて第
2の光源50から放射された光束だけを検出する。
そして、これら第3及び第4の光検出器56
及び58を増巾器59及び60を経て演算処理装
置61に接続する。第2の光源50から放射され
た長波長域の光束は、プラズマ35を通過すると
このプラズマ35が形成する磁界によりその偏光
面が回転するため、検光子57を操作してファ
ラディ回転角 θ を求める。また、プラズマ35自体の
量が変動するとファラディ回転角 θ も変動するた

め、演算処理装置61にプラズマ量と第3光検出
器56の出力との関係を予め記憶しておき、第3
の光検出器56の出力に基き検出したファラディ
回転角 θ を補正しプラズマ量の変動の影響を除去
する。プラズマ量の変動量の情報はプラズマ温度
測定用の第1又は第2光検出器43又は47の出
力値を演算処理回路61に入力して求めることも
できる。

次に、求めたファラディ回転角 θ からプラズマ
物性値を求めるプロセスについて説明する。直線
偏光がプラズマ中を通過することにより生ずるフ
アラディ回転角 θ は次式で表わすことができる。

$$\theta = \frac{eBd}{2mc^2} \times \frac{\omega^2}{n} \times \frac{Ne^2}{m} (\omega_0^2 + \omega^2) \quad \dots\dots\dots (13)$$

ここで

B: プラズマの磁界強度

m: 電子の質量

ω : 入射光の振動数

20 ω_0 : プラズマの電子の固有振動数

n: プラズマの屈折率

N: プラズマ電子密度

d: プラズマの厚さ

e: 電気素量

25 c: 光速

(13) 式において、B、m、 ω 、n、d、e及
びcは既知のものとして取り扱うことができる。
よつて、プラズマの固有振動数 ω_0 が既知であ
ればプラズマ電子密度Nがファラディ回転角より求
まる。予め、プラズマの振動数 ω_p に比べ、 ω_1 、
 $\omega_2 \gg \omega_p$ となる2種の振動数の直線偏光からファ
ラディ回転角 θ_1 及び θ_2 をそれぞれ測定しておく。
そして、 $\alpha = \omega_2 / \omega_1$ 、 $\beta = \theta_2 / \theta_1$ とすると、プ
ラズマの電子の固有振動数 ω_0 は次式で表わされ
る。

$$\omega_0^2 = \frac{\omega_1 \omega_2 \{ \alpha - (1 - \beta) \pm \beta (1 - \alpha^2) \}}{(\alpha^2 - \beta^2)} \quad \dots\dots\dots (14)$$

従つて、予め求めた固有振動数 ω_0 を用いると
40 プラズマ電子密度Nは次式で表わさせる。

$$N = \frac{\theta (\omega_0^2 - \omega^2)^2}{a \omega^2} \quad \dots\dots\dots (15)$$

$$\text{ここで、 } a = \frac{e^2 B d}{2 m^2 n c}$$

従つて、演算処理装置 61 において測定したフアラディ回転角 θ を用いて (15) 式に基いて演算すれば容易にプラズマの電子密度 N が算出できる。

次に、プラズマの導電率 σ を求める。導電率 σ は次式で表わされる。

$$\sigma = Ne\mu \quad \cdots (16)$$

ここで、

N : プラズマ電子密度

e : 電気素量

μ : プラズマ中の電子の移動度

プラズマの電子の移動度 μ は予め別の方法で求めることができ、既知のものと取り扱うことができる。従つて、演算処理装置 61 において求めたプラズマ電子密度 N に基き (16) 式に従つて演算処理を行なえば同時にプラズマの導電率 σ を求めることができる。

次に、プラズマの電離度 α と衝突断面積を求める。弱電離気体の電気伝導の式よりプラズマの導電率 σ は次式で表わされる。

$$\sigma = \frac{3.34 \times 10^{-12} \alpha}{QT^{1/2}} \quad \cdots (17)$$

ここで、

α : 電離度

Q : 衝突断面積

T : プラズマ温度

従つて、前述した方法に基いて求めたプラズマ温度 T を用い、衝突断面積 Q 又は電離度 α のいずれかを予め求めておけば、プラズマの電離度 α 又は衝突断面積 Q のいずれかを求めることができる。

本発明は上述した実施だけに限定されるものではなく幾多の変形や変更が可能である。例えば、上述した実施例ではプラズマ温度測定用光源装置として、白色光源と偏光子を組合せたものを用いたが、勿論半導体レーザ等の直線偏光を放射する光源を用いることができる。ただし、適切な光源温度のものを使用しなければならない。また、上述した実施例ではビームスプリッタとしてグラントムソンプリズムを用いたが、ニコルプリズム等の種々偏光プリズムを用いることができる。

(発明の効果)

以上説明した本発明の効果を要約すると次の通

りである。

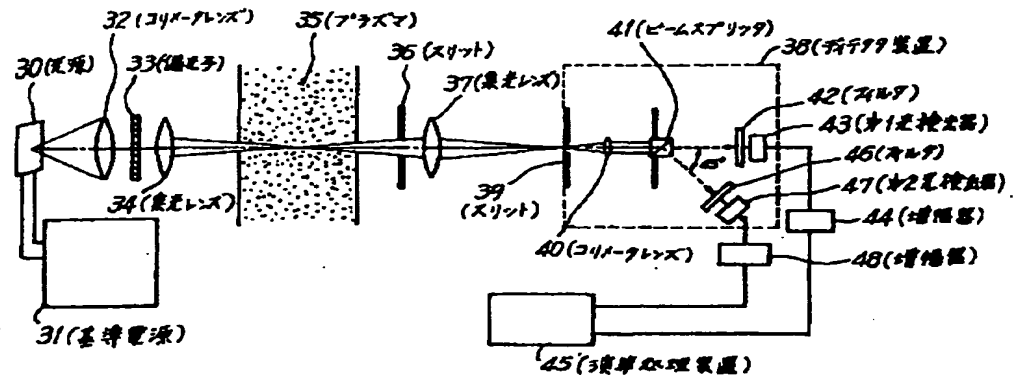
- (1) プラズマに向けて直線偏光を投射し、この直線偏光及び投射光束が通過した位置のプラズマ輻射場からの輻射光に基いてプラズマ温度を測定しているから、同一空間のプラズマ温度を同一時刻で測定できる。これらにより信頼性の高いプラズマ温度測定を行なうことができる。特に、従来法では近似的にプラズマ温度を測定していたが、本発明では直線プラズマ温度を測定でき、測定精度を一層向上させることができる。
- (2) 分光特性を測定することなく光検出器の出力信号から直線プラズマ温度を求めることができ、時間的に連続してプラズマ温度を測定できる。この結果、プラズマ制御を容易且つ高精度に行なうことができる。
- (3) 波長の異なる 2 種の光源から放射した光束を同一の光軸上でプラズマに投射する構成としているので、プラズマ中の同一空間の諸物性値を同時に測定できる。

図面の簡単な説明

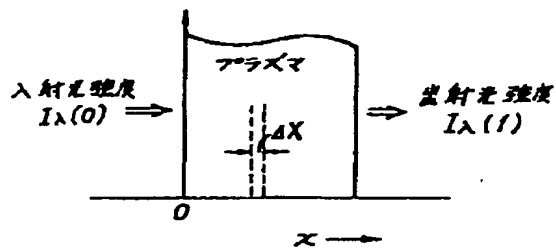
第 1 図は本発明によるプラズマ物性測定装置の一例の構成を示す線図、第 2 図は測定原理を示す線図、第 3 図はプラズマ温度の測定結果を示すグラフ、第 4 図は 2 種の光源を用いるプラズマ温度測定装置の一例の構成を示す線図、第 5 図は波長掃引法を利用したプラズマ温度測定装置の構成を示す線図、第 6 図は各種光源温度における分光特性を示すグラフ、第 7 図はナイフエッジ法を用いたプラズマ温度測定装置の構成を示すグラフである。

30……光源、31……基準電源、35、40……コリメータレンズ、33……偏光氏、34、37……集光レンズ、35……プラズマ、36、39、53……スリット、38……ディテクタ装置、41……ビームスプリッタ、42、46……フィルタ、43……第 1 光検出器、44、48、59、60……増巾器、45、61……演算処理装置、47……第 2 光検出器、50……光源装置、51、52、54……ハーフミラー、55、57……検光子、56……第 3 光検出器、58……第 4 光検出器。

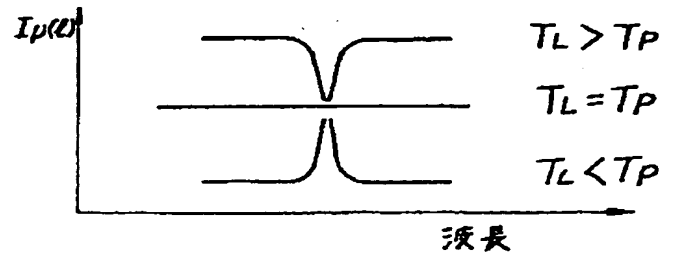
第1図



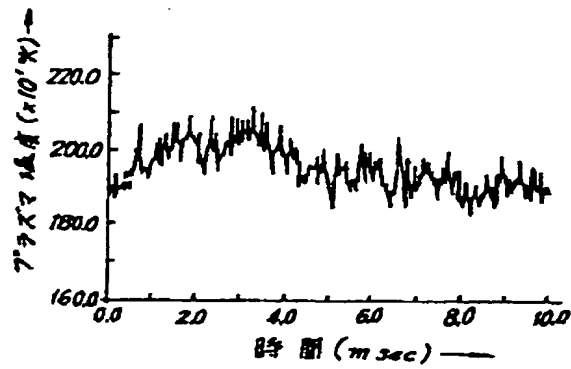
第2図



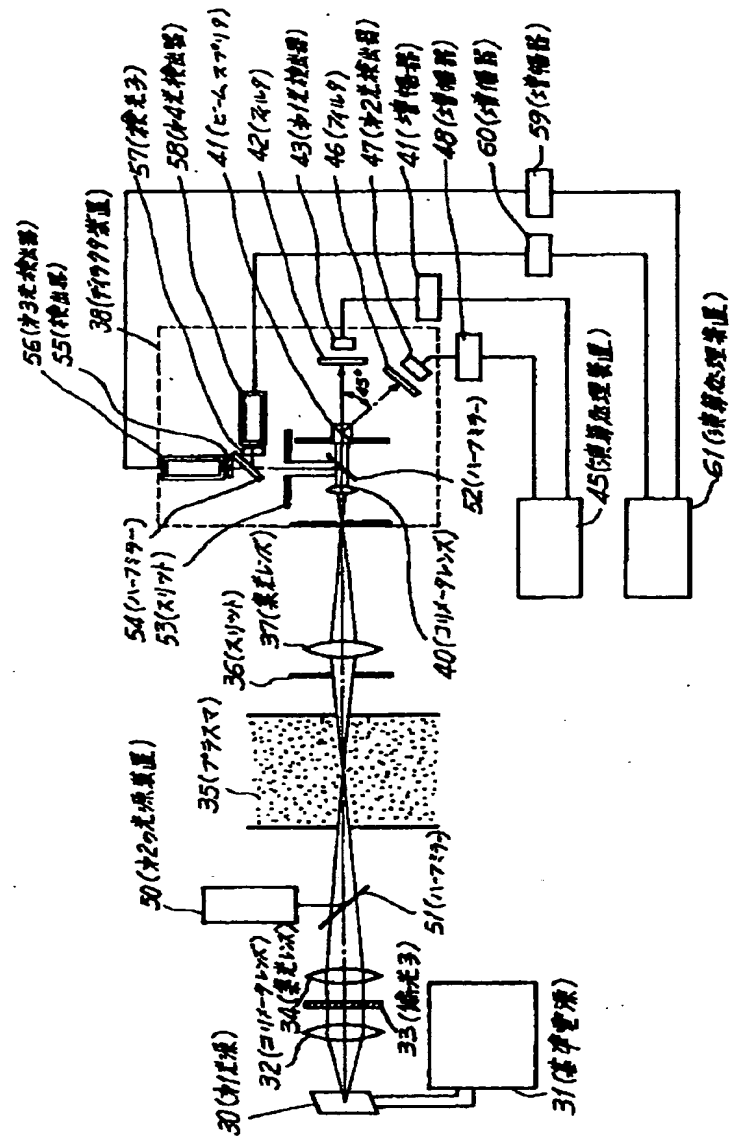
第6図



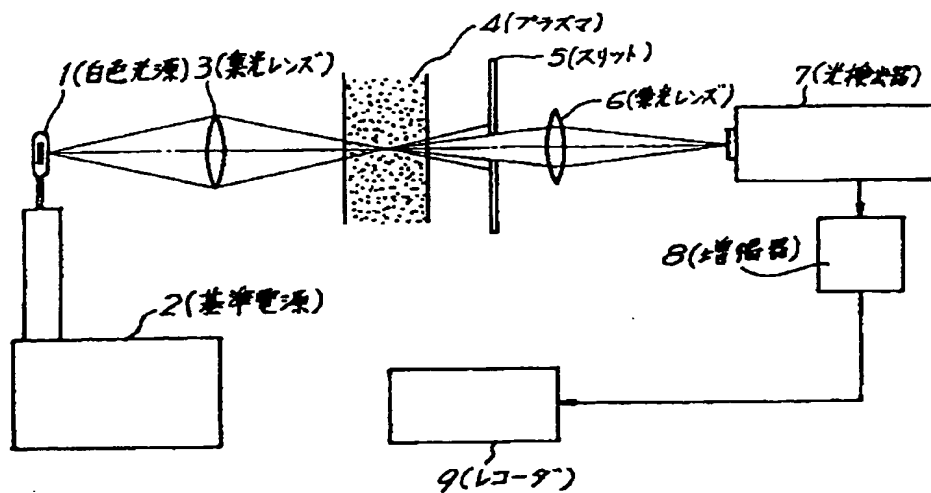
第3図



第4図



第5図



第7図

